



TITLE:

冬季中緯度における雲量の季節内変動特性

AUTHOR(S):

佐藤, 令於奈; 西, 憲敬; 向川, 均

CITATION:

佐藤, 令於奈 ...[et al]. 冬季中緯度における雲量の季節内変動特性. 平成30年度「異常気象と長期変動」研究集会報告 2019: 85-88

ISSUE DATE:

2019-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/240944>

RIGHT:

冬季中緯度における雲量の季節内変動特性

佐藤令於¹・西憲敬²・向川均³ (¹福岡大院理, ²福岡大理, ³京大院理)

1. はじめに

冬季北半球中緯度における循環場の季節内変動では、定常ロスビー波によって形成されるテレコネクションパターン (Wallace and Gutzler, 1981) や、ブロッキング高気圧、および熱帯からのロスビー波列の伝搬が重要な役割を果たすことが知られている (向川・馬淵, 2012)。

中緯度域では、ロスビー波は概ね、対流圏上層に最大振幅をもち、等価順圧な鉛直構造を有する (前田, 2013)。そのため、中緯度では、定在ロスビー波に伴い、対流圏上層での高圧偏差が正 (負) のときには、地表付近では高温 (低温) 偏差傾向となることは確かである。

しかし、地表面付近の温度偏差には、長波放射や短波放射も大きな影響を及ぼすため、定在ロスビー波の高度場偏差のみが、地表面付近の温度偏差の季節内変動を規定する要因ではない。また、長波放射や短波放射は雲量と関連することが知られているため、地表面付近の温度の季節内変動を理解するためには、定在ロスビー波に伴う雲量変動の実態を明らかにすることが重要である。

そこで本研究では、冬季北半球中緯度における、雲量の季節内変動について、統計的解析を行った。特に、雲量変動と高度場変動との東西位相関係に着目する。

昨年の発表では、International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) による全雲量の観測値・ERA-Interim 上層雲量・中層雲量・下層雲量とジオポテンシャルとの東西位相構造について統計的解析を行った結果を紹介した。ほぼ等価順圧な鉛直構造を有するジオポテンシャルとそれぞれの高度における雲量との東西位相関係は、高度によって異なることが明らかとなった。

今回の発表では、ISCCP 全雲量とジオポテンシャルとの東西位相関係に経度依存性が存在する要因を、主に ERA-Interim 上層・

中層・下層雲量との重ね合わせで説明できること、および日本列島付近を含むユーラシア大陸東端付近では定在性の強いロスビー波列に同期した雲量変動が確認されたことを紹介する。

2. データ

本研究では、信頼のおける長期間の雲量データとして、International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) による D1 雲量データを使用した。水平解像度は 280km、時間解像度は 3 時間である。また、The European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) ERA-Interim の上層雲量 ($0.45 \geq \sigma$)、中層雲量 ($0.8 \geq \sigma > 0.45$)、下層雲量 ($1 \geq \sigma > 0.8$)、ジオポテンシャルを使用した。緯度経度格子点間隔は 2.5°、時間間隔は 24 時間のものを使用した。期間はいずれも 1984-2008 年における 25 年間の 1, 2 月である。すべての物理量の時系列について、15-30 日周期帯を抽出する band-pass フィルターを施した。これ以降の記述は、断らない限りすべて 15-30 日周期帯についての解析結果である。

3. 解析結果

北緯 35 度における、全雲量と高度場との東西位相関係について調べるため、ISCCP 全雲量と 500hPa 等圧面高度場 ($\Phi 500$) との同時相関解析を行った。この相関解析では、ある経度における ISCCP 全雲量と、その点から東西にそれぞれ 60 度の幅をもった経度域における $\Phi 500$ との間で、同時相関係数を算出した (図 1)。また、ある年の時系列と、その翌年の時系列とは独立であると考え、自由度は解析に用いた年数に等しい 25 とした。この自由度は、時系列が本来有するものよりも十分少ないため、有意検定はかなり厳しめと考えられる。

本研究では、東西波長が経度 90 度分程度 (つまり全球東西波数が 4 程度) かつ自由対流

圏内ではほとんど等価順圧な鉛直構造を有するジオポテンシャルハイトの季節内変動に伴う雲量変動について解析を行った。その結果、ISCCP 全雲量と $\Phi 500$ の東西位相関係は、ユーラシア大陸上および北米大陸上では統計的に有意であったのに対して、太平洋上および大西洋上では有意な結果は得られなかった。ここで認められた ISCCP 全雲量と $\Phi 500$ の東西位相関係の経度依存性は、下層雲量と $\Phi 850$ との東西位相関係の経度依存性に起因すると考えられる。上層雲量・中層雲量はそれぞれジオポテンシャルの季節内変動成分のトラフとリッジの間、およびリッジ付近に極大を有する東西位相関係がほとんどの経度で成立しているのに対して、下層雲量と $\Phi 850$ との東西位相関係のみが強い経度依存性を有していた。大陸上ではジオポテンシャルハイトの季節内変動成分のトラフの東側に、海洋上ではリッジの西側に位置する東西位相関係が統計的に有意である。つまり、大陸上では上層・中層・下層雲量のジオポテンシャルに対する極大位置が、トラフとリッジの間に位置するという点ではほぼ同位相である。一方、海洋上では下層雲量のみが上層・中層雲量と大きく極大位置がずれているために、ISCCP 全雲量でも海洋上で有意な東西位相関係が得られなかったものと推察される。

上層雲量の極大位置が、ジオポテンシャルの季節内変動成分のトラフとリッジの間に位置する理由は、南ほど高高度である当温位面上を北上する断熱の上昇流が要因であると解釈することができる。しかし、中層雲量の極大位置がトラフ付近に位置する要因については上記の理由では説明がつかない。そこで、中層の鉛直流の季節内変動成分に関する解析を行った。その結果、対流圏中層における上昇流の季節内変動成分の極大は、トラフとリッジの中央付近に位置しており、トラフ付近に極大を有する中層雲量とは位相が大きくずれていることが明らかになった。この結果から推察できることは、ジオポテンシャルの季節内変動成分のトラフ付近で極大を有する中層雲量は、降水を伴う非断熱の上

昇流によって生成されている可能性である。実際に、降水量と中層雲量との東西位相関係についても解析を行った結果、両者はほとんどの経度で統計的に有意にほぼ同じ地点で極大を取ることが明らかになった。

最後に、日本列島を含むユーラシア大陸極東域付近では、定在性の強いロスビー波列に伴って、広い経度域で一斉に上昇流・上層雲量が卓越することが明らかになった。ISCCP 全雲量・ERA-Interim 上層・中層雲量に共通している解析結果として、東経 90° 付近から東経 140° 付近にかけての短い経度域で、ジオポテンシャルハイトと雲量との東西位相関係が急激かつ連続的に変化する。この経度域でどのような大気擾乱が雲量変動を担っているのかを確かめるために、東経 130° 、北緯 35° におけるジオポテンシャルの極大期(振幅が1標準偏差以上)を基準とした、 $\Phi 300$ と上層雲量との同時合成図解析を行った(図 2)。その結果、ユーラシア大陸東端付近でリッジとなっている時には、東経 75° から東経 140° 付近に渡る広い経度域で、一斉に上層雲量が卓越していることが明らかになった。また、この擾乱の時間発展の様子について調べるため、2 日おきにさかのぼって 10 日前までのラグ合成図解析を行った(図 3a)。その結果、リッジの中心付近であったユーラシア大陸東端付近では、5 日前ほどに急激にジオポテンシャルの正負が入れ替わり、10 日前には深いトラフとなっていた。また、上述した定在性の強いロスビー波の腹において、ジオポテンシャルがトラフからリッジへと変化する際に、東経 70° 付近から東経 140° 付近における広い経度域において、一斉に上層雲量の値が負値から正值へと変動していた。同様の解析を上層の鉛直流でも行ったところ、上層雲量とほぼ同様の結果が得られた(図 3b)。これらのラグ相関解析の結果から、ユーラシア大陸東端付近に腹の位置が固定されたロスビー波の活動と、鉛直流・上層雲量の季節内変動が強く同期していることが明らかになった。

4. まとめと考察

ISCCP 全雲量・ERA 上層・中層・下層雲量を用いて、北緯 35°における雲量と $\Phi 500$ の季節内変動成分の東西位相構造の経度依存性について解析を行った。

ISCCP 全雲量では、ユーラシア域および北米域で、全雲量と高度場との間に統計的に有意な関係が存在する。

さらに、ERA-Interim 上層、中層、下層雲量を用いて、ISCCP 全雲量と同様の解析を行った。その結果、東経 0°~120°および西経 120°~60°の経度域で、上層雲量と $\Phi 500$ および、中層雲量と $\Phi 500$ との間に有意な位相関係が存在することが明らかになった。ただし、上層雲量ではその極大域の西方に $\Phi 500$ 負偏差が位置するのに対し、中層雲量ではその極大域付近に $\Phi 500$ 負偏差が位置する。また、下層雲量と $\Phi 850$ との東西位相関係は経度依存性が高い。

また、このような位相関係の生成機構について考察した。その結果、上層雲量と $\Phi 500$ との位相関係は、はロスビー波に伴う南風に起因する大規模上層流による雲量増大で説明可能である。また、中層雲量の極大域が $\Phi 500$ の負偏差付近に存在する要因を考える。トラフの中心付近で雲生成のための上昇流が存在するには、凝結過程を伴うような、非断熱過熱が必要である。実際に、中層雲量と降水量の極大位置はほとんどの経度で合致していた。従って、中層雲量がジオポテンシャルの季節内変動成分のトラフ付近で極大を有する要因は、この領域付近で雲凝結・降水を伴う非断熱の上昇流によって生じる中層雲量の発生のし易さが現れているものと推測できる。

さらに、日本列島を含むユーラシア多陸東端付近では、腹の位置が地形的に固定された定在ロスビー波列が発達しやすいことが明らかになった。また、このロスビー波列の活動と、上層雲量および鉛直流の季節内変動は、広い経度域で同期していることが明らかとなった。

引用文献

Wallace, J. M., and D. S. Gutzler, 1981: Teleconnections in the Geopotential Height Field during the Northern Hemisphere Winter. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 784–812.

向川均・馬淵未央, 2012: 冬季極東域の気温変動と関連する大気循環の特徴, 京都大学防災研究所年報 第55号B 平成24年6月
前田修平, 2013: 平成 24 年度季節予報 研究テキスト 季節予報作業指針 ~基礎から実践まで~, 気象庁 地球環境・海洋部, 気候情報課

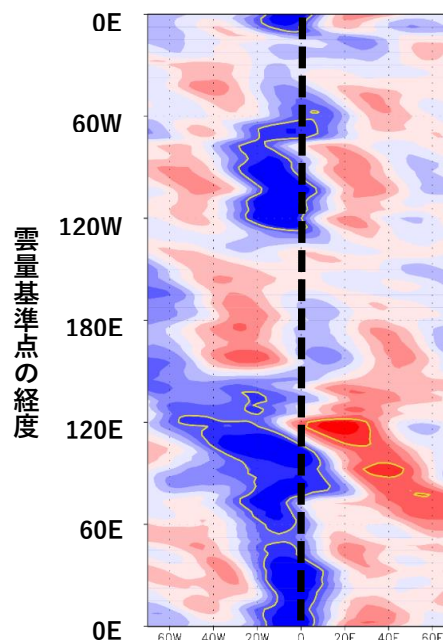


図 1: 北緯 35 度における ISCCP 全雲量と $\Phi 500$ の同時相関係数。縦軸が ISCCP 全雲量の基準点の経度、横軸が雲量基準点から $\Phi 500$ までの経度差（黒破線は経度差 0）。黄色等値線の内側に危険率 5%で統計的に有意な領域を示す。

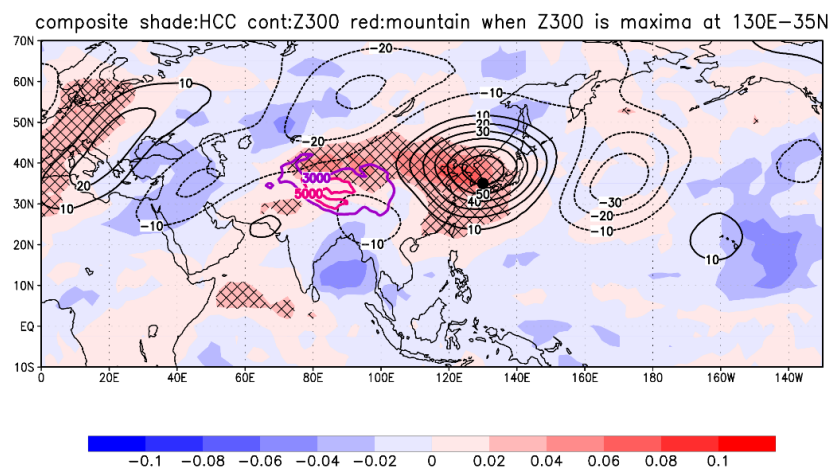


図 2: 東経 130 度, 北緯 35 度における 300hPa 高度におけるジオポテンシャルハイトの極大期(1 標準偏差以上)を基準とした, 300hPa 高度におけるジオポテンシャルハイト(等値線)および上層雲量(陰影).

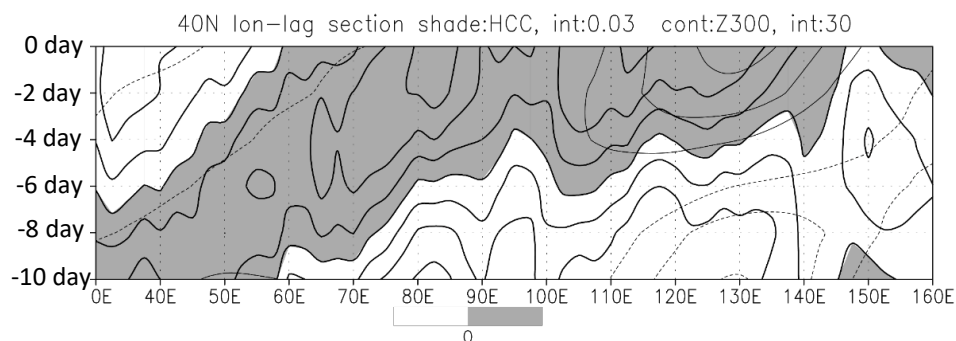


図 3(a): 東経 130 度, 北緯 35 度における 300hPa 高度におけるジオポテンシャルハイトの極大期(1 標準偏差以上)を基準とした, 300hPa 高度におけるジオポテンシャルハイト(細等値線, 正値を実線, 負値を破線)および上層雲量(太等値線, 正値を色塗り)の, 北緯 40 度における経度-ラグ断面.

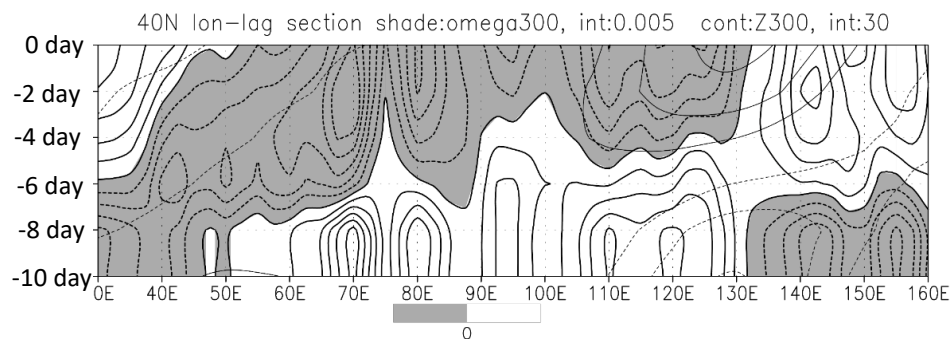


図 3(b): 東経 130 度, 北緯 35 度における 300hPa 高度におけるジオポテンシャルハイトの極大期(1 標準偏差以上)を基準とした, 300hPa 高度におけるジオポテンシャルハイト(細等値線, 正値を実線, 負値を破線)および鉛直流(太等値線, 上昇流域を色塗り)の, 北緯 40 度における経度-ラグ断面.